



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 198 49 112 A 1**

⑤1 Int. Cl. 7:  
**F 01 N 3/10**  
F 01 N 3/36

②1 Aktenzeichen: 198 49 112.3  
②2 Anmeldetag: 24. 10. 1998  
④3 Offenlegungstag: 13. 1. 2000

Mit Einverständnis des Anmelders offengelegte Anmeldung gemäß § 31 Abs. 2 Ziffer 1 PatG

⑦1 Anmelder:  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

⑦2 Erfinder:  
Enderle, Christian, Dipl.-Ing., 73666  
Baltmannsweiler, DE; Hertzberg, Andreas,  
Dipl.-Ing., 70374 Stuttgart, DE

⑤6 Entgegenhaltungen:  
DE 197 16 275 C1  
DE 40 37 183 C2  
DE 196 44 407 A1  
"Kat als Schwamm", In: KFT H.4, April 1997, S.34;

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Prüfungsantrag gem. § 44 PatG ist gestellt

⑤4 Zweitakt- Otto- Brennkraftmaschine mit Direkteinspritzung

⑤7 Im Betrieb einer direkteinspritzenden Zweitakt-Otto-Brennkraftmaschine steuert eine Steuereinheit die Injektoren mit einem Einspritzsignal an und bestimmt die Einspritzmenge und den Einspritzzeitpunkt während des Arbeitsspiels. Die Abgase der Brennkraftmaschine werden durch eine in der Abgasleitung angeordnete Einrichtung zur Abgasnachbehandlung geleitet und einer Schadstoffumwandlung unterzogen.  
Um bei der direkteinspritzenden Zweitakt-Otto-Brennkraftmaschine eine möglichst große Senkung der Schadstoffemissionen, insbesondere der Stickoxide, zu erreichen, ist erfindungsgemäß vorgesehen, daß die Einrichtung zur Abgasnachbehandlung einen Stickoxid-Speicherkatalysator umfaßt. Die Steuereinheit stellt zur Regeneration des Speicherkatalysators ein vorgegebenes Luft/Kraftstoff-Verhältnis mit fetteren Luftzahlen als im Normalbetrieb ein.

DE 198 49 112 A 1

DE 198 49 112 A 1

Die Erfindung betrifft eine direkteinspritzende Zweitakt-Otto-Brennkraftmaschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 und ein Verfahren zum Betrieb einer direkteinspritzenden Zweitakt-Otto-Brennkraftmaschine nach dem Oberbegriff des Anspruchs 4.

Bei modernen Zweitakt-Otto-Brennkraftmaschinen wird der Kraftstoff direkt in den Brennraum eingespritzt, wodurch der Kraftstoffverbrauch gesenkt werden kann. Pro Zylinder ist ein Injektor zur Direkteinspritzung vorgesehen, welcher über eine Signalleitung mit einer Steuereinheit verbunden ist. Die Steuereinheit bestimmt die Einspritzmenge und den Einspritzzeitpunkt während des Arbeitsspiels und steuert die Injektoren entsprechend an. Zur Senkung der Schadstoffemission der Brennkraftmaschine ist in der Abgasleitung eine Einrichtung zur Abgasnachbehandlung angeordnet, wobei die durchströmenden Abgase einer chemischen Schadstoffumwandlung unterzogen werden.

Die Nachbehandlung der Zweitaktabgase gelang bisher jedoch nur unzureichend, da sich die Arbeitsweise der Zweitakt-Brennkraftmaschine prinzipiell von der von Viertakt-Brennkraftmaschinen unterscheidet und daher auch die chemische Zusammensetzung der Zweitakt-Abgase sich von der Abgaszusammensetzung des Viertaktmotors stark unterscheidet. Die beim Einsatz zur Abgasnachbehandlung in Viertakt-Brennkraftmaschinen bewährten Katalysatoren können daher meist bei Zweitakt-Abgasen nur eine unzureichende Reduzierung der Schadstofffracht des Abgases erreichen.

Aus der DE 40 37 183 C2 ist ein Verfahren zum Betrieb einer Zweitakt-Brennkraftmaschine bekannt, welche davon ausgeht, daß die Schadstoffbildung und -reduzierung im Katalysator im wesentlichen von der Abgastemperatur bestimmt ist, welche bei einer im Zweitaktverfahren arbeitenden Brennkraftmaschine im Vergleich zum Viertaktmotor durch die sogenannten Spülverluste verringert ist. Beim Ladungswechsel der Zweitaktbrennkraftmaschine gelangt dabei ein Teil der in den Brennraum eingelassenen Frischluft direkt in die Abgasleitung, wenn die Einlaßleitung und die Auslaßleitung zeitweise gleichzeitig geöffnet sind. Bei dem bekannten Verfahren ist vorgesehen, die Abgastemperatur durch gezielte Verstellung der Einspritzparameter (Einspritzzeitpunkt/Kraftstoffeinspritzmenge) und den Zündzeitpunkt zu beeinflussen. Mit späterem Zündzeitpunkt soll die Abgastemperatur erhöht werden.

Das bekannte Verfahren kann zwar insbesondere beim Kaltstart oder im Niedrigdrehzahlbereich die Wirkungsweise des Katalysators durch Erhöhung der Betriebstemperatur verbessern, wobei jedoch der Ausstoß bestimmter Schadstoffe kaum behindert wird. Insbesondere wurde bei Zweitakt-Otto-Brennkraftmaschinen eine unzulässig hohe Emission an Stickoxiden festgestellt.

Der vorliegenden Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine direkteinspritzende Zweitakt-Otto-Brennkraftmaschine der gattungsgemäßen Art derart weiterzubilden und ein derartiges Verfahren zum Betrieb einer direkteinspritzenden Zweitakt-Otto-Brennkraftmaschine zu schaffen, das die Schadstoffemissionen, insbesondere der Stickoxidausstoß, größtmöglich gesenkt wird.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß mit den Merkmalen des Anspruchs 1 und bezüglich des Verfahrens mit den Merkmalen des Anspruchs 4 gelöst.

Die Erfindung beruht auf der Erkenntnis, daß aufgrund der Spülverluste beim Ladungswechsel des Zweitaktmotors im Abgas prinzipiell Sauerstoffüberschuß vorliegt, wodurch der Abbau der nitrosen Gase in einem üblichen Katalysator behindert wird. Erfindungsgemäß werden die Abgase durch

einen  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator geleitet, wobei die im eintretenden Abgas vorliegenden Stickoxide im Speicherkatalysator adsorbiert werden. Das aus dem Speicherkatalysator austretende Abgas weist eine zur weiteren Behandlung günstige Konfiguration mit stöchiometrischen Luftverhältnissen auf und kann in einer weiteren Katalysatorkomponente der Einrichtung zur Abgasnachbehandlung, beispielsweise einem Dreiweg-Katalysator, vollständig von der Schadstofffracht befreit werden. Zur turnusmäßigen Regeneration des Speicherkatalysators stellt die Steuereinheit ein vorgegebenes Luft/Kraftstoff-Verhältnis mit fetteren Luftzahlen als der im Normalbetrieb vorliegenden Gemischzusammensetzung ein. Zur Regeneration des Speicherkatalysators wird ein fetteres Luft/Kraftstoff-Verhältnis als dem stöchiometrischen Wert eingestellt, wobei die vom Speicherkatalysator freigesetzten Stickoxide dem Abgasstrom beigemischt werden und insgesamt ein zur Schadstoffumwandlung geeignetes Abgasgemisch erzeugt wird.

Zur Einstellung des Regenerationsverhältnisses des Kraftstoff/Luft-Gemisches ist gemäß einer Weiterbildung der Erfindung vorgesehen, den Frischluftstrom der Brennkraftmaschine zu drosseln, wobei die Steuereinheit mit einem Stellantrieb eines auf den Frischluftstrom wirkenden Drosselorgans signalübertragend verbunden ist. Durch Reduzierung der zugeführten Luftmenge pro Arbeitsspiel ergibt sich auch im Abgas ein gegenüber dem Normalbetrieb der Brennkraftmaschine reduzierter Sauerstoffgehalt.

Die Regeneration des Speicherkatalysators kann auch durch eine zusätzliche Nacheinspritzung von Kraftstoff eingeleitet werden. Der Steuereinheit sind für den Fall der turnusmäßigen Regenerierung des Speicherkatalysators entsprechende Einspritzparameter für die von der Haupteinspritzung abgesetzte Nacheinspritzung zusätzlichen Kraftstoffes vorgegeben. Die Nacheinspritzung erfolgt zweckmäßig während des Expansionstaktes der Brennkraftmaschine, wobei die spät zugemessene Kraftstoffmenge nicht verbrennt, sondern verdampft. Die gecrackten Kohlenwasserstoffmoleküle dienen im nachgeschalteten  $\text{NO}_x$ -Speicherkatalysator als Reduktionsmittel.

Es können auch vorteilhaft beide Maßnahmen, nämlich sowohl die Drosselung der Ansaugluftmenge als auch die zusätzliche Kraftstoffzumessung in einer zeitlich abgesetzten Nacheinspritzung im Anschluß an die Haupteinspritzung, aneinandergekoppelt zur Regeneration des Speicherkatalysators eingesetzt werden. Die beiden Maßnahmen werden dabei aufeinander abgestimmt, um die gewünschte Luftzahl im Abgas zu erreichen.

Ein Ausführungsbeispiel der Erfindung ist nachstehend anhand der Zeichnung näher erläutert.

Die einzige Zeichnungsfigur zeigt eine Zweitakt-Otto-Brennkraftmaschine 1, deren Kolben 5 in einem Zylinder 6 längsbeweglich angeordnet ist und über einen Kurbeltrieb 14 eine Kurbelwelle 13 rotierend antreibt. Die Kurbelwelle 13 und die Elemente des Kurbeltriebes 14 (Kurbelzapfen/Pleuelstange) sind in einem Kurbelgehäuse 25 aufgenommen, welches den Zylinder 6 trägt. Der Kolben 5 begrenzt in dem Zylinder 6 einen Brennraum 11, welcher durch einen Zylinderkopf 12 der Brennkraftmaschine 1 verschlossen ist.

In dem Zylinderkopf 12 ist zentral ein Injektor 3 angeordnet, welcher in einem Kegelstrahl 17 Kraftstoff direkt in den Brennraum 11 einspritzt. Mit dem Kraftstoff wird im Brennraum 11 ein zündfähiges Kraftstoff/Luft-Gemisch 18 gebildet. Die Frischluftzufuhr erfolgt über einen Einlaßkanal 8, welcher in der Zylinderwand 15 des Zylinders 6 ausgebildet ist und in den vom Kurbelgehäuse 25 begrenzten Kurbelraum 7 mündet. In bekannter Weise gelangt die Frischluft aus dem Kurbelraum 7 über Überströmkanäle 16 in der Zylinderwand 15 in den Brennraum. Die Freigabe der Über-

strömkanäle 16 wird von der umlaufenden Steuerkante am Kolbenboden, und die Freigabe des Einlaßkanals 8 zum Kurbelraum 7 wird vom Kolbenhemd des Kolbens 5 gesteuert. Die Frischluftzufuhr zum Brennraum 11 kann jedoch auch alternativ zur Kurbelraumspülung durch einen direkt in den Brennraum 11 mündenden Einlaßkanal erfolgen, welcher etwa durch ein Gaswechselventil freigebbar ist.

Durch Auslösen eines Zündfunken zwischen den Elektroden 26a, 26b einer im Zylinderkopf 12 angeordneten Zündkerze 4 wird das zündfähige Gemisch 18 im Brennraum 11 gezündet. Während des Auslaßtaktes wird ein Auslaßventil 19 geöffnet, welches eine Auslaßleitung 9 der Brennkraftmaschine 1 freigibt. Durch die Auslaßleitung 9 werden die Abgase aus dem Brennraum 11 abgeführt. Der Injektor 3 ist über eine Schaltsignalleitung mit einer Steuereinheit 10 verbunden, welche mittels eines entsprechenden Einspritzsignals 22 die Einspritzmenge und den Einspritzzeitpunkt während des Arbeitsspiels bestimmt. In einem Kennfeldspeicher 21 sind optimale Einspritzparameter für jeden Betriebspunkt der Brennkraftmaschine 1 zur bedarfsweisen Entnahme durch die Steuereinheit 10 abgespeichert.

In der Abgasleitung 9 ist eine Einrichtung 30 zur Abgasnachbehandlung angeordnet, welche einen Stickoxid-Speicherkatalysator 2 umfaßt. Das Abgas durchströmt den Speicherkatalysator 2, wobei die Stickoxide adsorbiert werden, welche im prinzipbedingt sauerstoffreichen Zweitaktabgas verstärkt vorliegen. Beim Verlassen des Speicherkatalysators 2 weist das Abgas stöchiometrische Zusammensetzung auf und wird durch ein weiteres Katalysatormodul 31 geleitet, wo die Schadstoffe einer vollständigen Umwandlung unterzogen werden. Das zusätzliche Katalysatormodul 31 kann ein Dreiwege-Katalysator sein.

Nach längerem Betrieb mit mageren Luftzahlen im Abgas werden der Speicherkatalysator 2 regeneriert und die Stickoxidmoleküle desorbiert. Die Regeneration des Speicherkatalysators 2 kann turnusmäßig nach bestimmten Betriebsintervallen erfolgen oder bei Erreichen eines vorgebbaren Sättigungsgrades des Speicherkatalysators 2. Der Steuereinheit 10 wird dabei ein Signal 24 mit Aussage über den Speicherzustand des NO<sub>x</sub>-Speicherkatalysators 2 eingegeben und bei Erreichen des vorgegebenen Grenzwertes, welcher unterhalb der Sättigungsgrenze des Speicherkatalysators liegt, leitet die Steuereinheit 10 die Regenerierung ein.

Zur Regeneration des Speicherkatalysators 2 stellt die Steuereinheit 10 ein vorgegebenes Luft/Kraftstoff-Verhältnis mit fetteren Luftzahlen als den im Normalbetrieb herrschenden Gemischzusammensetzungen ein. Die Luftzahl  $\lambda$  kann während der Regeneration etwa 0,8 betragen. Dem angefetteten Abgas werden die desorbierten Stickoxidmoleküle beigemischt, und der den Speicherkatalysator 2 verlassende Abgasstrom weist somit auch während der Regeneration die zur Weiterbehandlung im Dreiwege-Katalysator 31 erforderliche Zusammensetzung auf.

Zur Anfeuchtung des Abgasstroms während der Regenerationsphase des Speicherkatalysators 2 ist vorgesehen, den Ansaugluftstrom der Brennkraftmaschine 1 zu drosseln. Die Steuereinheit 10 ist hierzu mit einem hier nicht dargestellten Stellantrieb einer im Einlaßkanal 8 angeordneten Drosselklappe 20 signalübertragend verbunden. Zur Verringerung des Frischluftstroms in den Brennraum 11 stellt die Steuereinheit die auf den Ansaugluft-Durchsatz zur Brennkraftmaschine wirkende Drosselklappe 20 in Richtung Schließstellung und führt dem Stellantrieb ein entsprechendes Stellsignal 23 zu. Mit dem reduzierten Ansaugluft-Massenstrom und der gleichzeitigen Beibehaltung der Einspritzparameter wird ein insgesamt angefettetes Gemisch gebildet, welches zur Regeneration des Speicherkatalysators 2 führt. Alternativ oder in Kombination mit dieser Maßnahme ist weiter für

den Fall der Regenerierung des Speicherkatalysators 2 vorgesehen, die Kraftstoffeinspritzmenge pro Arbeitsspiel zu erhöhen. Die zusätzlich zugemessene Kraftstoffmenge wird zweckmäßig in einer von der Haupteinspritzung abgesetzten Nacheinspritzung in den Brennraum 11 eingebracht. Der Steuereinheit 10 sind für den Regenerierungsbetrieb entsprechende Einspritzparameter für die Haupteinspritzung und die von der Haupteinspritzung abgesetzte Nacheinspritzung vorgegeben. Die Parameter sind im Kennfeldspeicher 21 abgelegt. Die Kraftstoff-Einspritzmenge wird um ein solches Maß erhöht, daß mit dem vorliegenden Ansaugluft-Massenstrom die zur Regeneration erforderliche Luftzahl im Abgas erreicht wird.

Die Nacheinspritzung erfolgt zweckmäßig während des Expansionstaktes der Brennkraftmaschine 1. Bei der späten Nacheinspritzung werden die eingespritzten Kohlenwasserstoffe nicht verbrannt, sondern verdampfen lediglich, wobei die gerackten Kohlenwasserstoffradikale im nachgeschalteten Speicherkatalysator 2 als Reduktionsmittel dienen. Die Nacheinspritzung erfolgt vorteilhaft zu einem Zeitpunkt zwischen etwa 40° KW nach dem oberen Totpunkt und dem unteren Totpunkt der Kolbenbewegung.

#### Patentansprüche

1. Direkteinspritzende Zweitakt-Otto-Brennkraftmaschine, deren Injektoren (3) über eine Schaltsignalleitung (22) mit einer Steuereinheit (10) verbunden sind, mit einer Einrichtung (30) zur Abgasnachbehandlung, welche in einer Auslaßleitung (9) der Brennkraftmaschine (1) angeordnet ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Einrichtung (30) zur Abgasnachbehandlung einen Stickoxid-Speicherkatalysator (2) umfaßt.
2. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinheit (10) mit einem Stellantrieb eines auf den Frischluftstrom zur Brennkraftmaschine (1) wirkenden Drosselorgans (20) signalübertragend verbunden ist.
3. Brennkraftmaschine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Steuereinheit (10) für den Fall der Regenerierung des Speicherkatalysators (2) Einspritzparameter für eine nach der Haupteinspritzung abgesetzte Nacheinspritzung vorgegeben sind.
4. Verfahren zum Betrieb einer direkteinspritzenden Zweitakt-Otto-Brennkraftmaschine, wobei eine Steuereinheit (10) die Injektoren (3) mit einem Einspritzsignal (22) ansteuert und die Einspritzmenge und den Einspritzzeitpunkt während des Arbeitsspiels der Brennkraftmaschine bestimmt und wobei die Abgase einer Schadstoffumwandlung unterzogen werden, dadurch gekennzeichnet, daß die Abgase durch einen Stickoxid-Speicherkatalysator (2) geleitet werden und daß die Steuereinheit (10) zur Regeneration des Speicherkatalysators (2) ein vorgegebenes Luft/Kraftstoff-Verhältnis mit fetteren Luftzahlen als im Normalbetrieb des Speicherkatalysators (2) einstellt.
5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur Regeneration des Speicherkatalysators (2) der Frischluftstrom zur Brennkraftmaschine (1) gedrosselt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, daß zur Regeneration des Speicherkatalysators (2) die Kraftstoff-Einspritzmenge entsprechend der vorgegebenen Luftzahl erhöht wird.
7. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß die zur Regeneration vorgegebene Luftzahl durch Drosselung des Ansaugluftstroms und gleichzeitige, mit der Drosselung abge-

stimmte Erhöhung der Kraftstoff-Einspritzmenge eingestellt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, daß die zur Regeneration des Speicherkatalysators (2) zusätzlich zuzumessende Kraftstoffmenge in einer zeitlich abgesetzten Nacheinspritzung im Anschluß an eine Haupteinspritzung eingespritzt wird. 5

9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Nacheinspritzung während des Expansionsstaktes der Brennkraftmaschine (1) erfolgt. 10

---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -

